

*Д. В. Куликов¹**

Разработка микрокамеры для БПЛА

¹ Сибирский государственный университет геосистем и технологий, г. Новосибирск,
Российская Федерация

* e-mail: adelll01@yandex.ru

Аннотация. В последнее время всё больше слышно о беспилотных летательных аппаратах, которые применяются в самых различных сферах деятельности. С каждым годом их стараются сделать меньше, компактней и функциональней. Важнейшим элементом таких устройств является микро-видеокамера. Этот оптико-электронный элемент, используемый в БПЛА, позволяет увидеть нам многие вещи, находящиеся на огромной высоте, в тех местах до куда человек самолично не может добраться. Данная работа будет посвящена основным принципам разработки таких видеокамер, а также уже рассчитанному и сконструированному микро-объективу, который будет представлен в разделе «Результаты». Будет кратко описано с чего начать разработку такого прибора, что является исходными данными, какие те или иные конструкторские решения лучше принять в ходе проектирования. Предметом исследования являются основные принципы разработки микро-видеокамер и математическая модель функционального устройства. Исходными данными является литература. В процессе работы был произведён анализ существующих микро-видеокамер и основных принципов их разработки. В ходе работы был рассчитан и сконструирован объектив микро-видео камеры. Представлен внешний общий вид устройства с его характеристиками.

Ключевые слова: видеокамера, объектив, БПЛА

*D. V. Kulikov¹**

Development of a micro-camera for UAVs

¹Siberian State University of Geosystems and Technologies, Novosibirsk, Russian Federation

* e-mail: adelll01@yandex.ru

Abstract. Recently, more and more people have been hearing about unmanned aerial vehicles that are used in a variety of fields of activity. Every year they try to make them smaller, more compact and more functional. The most important element of such devices is a micro-video camera. This optoelectronic element used in the UAV allows us to see many things that are at a great height, in places where a person himself cannot reach. This work will be devoted to the basic principles of the development of such video cameras, as well as the already calculated and designed micro-lens, which will be presented in the "Results" section. It will be briefly described how to start developing such a device, what is the initial data, which design decisions are better to make during the design process. The subject of the research is the basic principles of the development of micro-video cameras and a mathematical model of a functional device. The source data is the literature. In the process of work, an analysis of existing micro-video cameras and the basic principles of their development was carried out. In the course of the work, the lens of the micro-video camera was calculated and constructed. The general appearance of the device with its characteristics is presented.

Keywords: video camera, lens, UAVs

Введение

В последнее время всё больше слышно о беспилотных летательных аппаратах, которые применяются в самых различных сферах деятельности. С каждым годом их стараются сделать меньше, компактней и функциональней. Важнейшим элементом таких устройств является микро-видеокамера. Многие компании, выпускающие микро-видеокамеры стараются сделать их как можно меньше, при этом не забывая обеспечить наилучшее качество изображения на различных дистанциях. Но и тут всё не однозначно и зависит от сферы применения. Например, можно сделать видеокамеру очень маленькой, буквально со спичечную головку, но в таком случае будет страдать как качество изображения, так и дальность действия. При создании такого оптико-электронного прибора нужно соблюсти баланс между многими характеристиками, увеличивая одни, и уменьшая другие. Размеры подобных видеокамер, нередко бывают ограничены размером фотоприемной матрицы, выбор которой является крайне важным при разработке, так как влияет на разрешение [1–6].

В ходе разработке микро-видеокамер для БПЛА, необходимо учесть большое количество факторов. При создании таких конструкций, следуют обеспечить как можно меньший размер, элемента разрешения, при высокой дальности обнаружения, и всё это при крайне малых габаритах. Исходя из подобных требований, следует серьёзно отнестись к выбору материала и технологии изготовления всех составляющих данной конструкции, ведь можно рассчитать, такую систему, которую невозможно будет изготовить или её изготовление будет крайне дорогим и сложным.

В ходе данной работы будут рассмотрены основные принципы разработки микро-видеокамеры, а также будет рассчитан и представлен малогабаритный объектив для микро-видеокамеры, работающий, преимущественно, в визуальном диапазоне спектра, имеющий дальность обнаружения восемнадцать метров, при элементе разрешения в шесть мм. Будет полностью разработана конструкция креплений оптической системы вместе с оправой и подобрана фотоматрица. Подобная конструкция будет предназначена для беспилотных летательных аппаратов.

Методы и материалы

Первым делом в ходе разработки объектива микрокамеры необходимо подобрать фотоматрицу. Подбор фотоматрицы нужно осуществлять на основе того с какой целью будет использоваться конструируемый оптико-электронный прибор. В случае разработки микро-видеокамеры для БПЛА, фотоматрица должна обладать как можно меньшим оптическим форматом в совокупности с большим разрешением. Чаще всего подобных требований можно добиться, выбирая фотоматрицу с наименьшим размером пикселя, но и тут есть одна проблема. Расчёт оптической системы для матрицы с крайне маленьким размером пикселя будет очень трудным, так как радиус кружка Эйри должен быть меньше полуширины пикселя. Это значит, что добиться как можно большего дифракционного и гео-

метрического распределения энергии на одном пикселе будет сложно. Большой же размер пикселя может привести либо к ухудшению разрешения фотоматрицы, либо к увеличению оптического формата, что несёт за собой увеличение всей конструкции в целом.

В следующем этапе разработки необходимо произвести два типа расчётов для оптической системы видеокамеры: габаритный и энергетический.

В ходе габаритного расчёта нужно определить фокусное расстояние оптической системы. Исходными данными могут являться: дальность обнаружения, элемент разрешения, размер пикселя фотоматрицы (эти величины нужно подобрать самому или их должен указать заказчик).

В ходе энергетического расчёта следует определить такие величины как: Диаметр входного зрачка, телесный угол, минимальную освещённость и многие другие. Более подробно процесс энергетического расчёта описан в книге Павлова А.В. «Оптико-электронные приборы».

После того как основные величины определены можно приступать к расчёту оптической системы. В ходе этого процесса следует обратить внимание на: радиусы кривизны оптических компонентов, их толщины и световые диаметры. При расчёте микро-оптики нужно сразу представлять те минимальные значения величин, в которые можно упереться, и в последствии создать такую систему, которую можно будет изготовить.

На сложность изготовления также влияет и материал, используемый при создании линз объектива. Очень часто, при выборе оптически активного материала для микро-оптики, используют оптические полимеры. Достоинством такого выбора является то, что линзы из такого материала можно получить посредством изготовления одной формы и применения литья под давлением. При выборе такой технологии изготовления можно получить крайне малые габариты линз. Также при изготовлении линз из полимера, можно применять асферику высших порядков, что может заметно улучшить качество изображения, но и конечно сделать дороже производство. Недостатком является, малое разнообразие оптических полимеров, если сравнить их с марками оптического стекла, что несёт за собой сложности или невозможность расчёта требуемой оптической системы. Применение оптического стекла в создании микро-оптики, за счёт разнообразия марок, даст возможность получения более хорошего качества изображения, но и более больших размеров самих линз. Выбор между полимерами или оптическим стеклом должен быть обоснован в зависимости от функционального назначения и максимальных габаритов микро-оптики, которые нередко могут быть ограничены в следствии других факторов. Количество линз в объективе микро-камеры обычно от 3 до 6, но есть и исключения [6–11].

Следующим шагом должна быть разработка той конструкции, куда будет помещена рассчитанная оптическая система. Выбор способа крепления линз в объективе является одним из важнейших этапов при конструировании микро-видеокамеры. Больше всего для этой задачи подходят такие способы крепления как: резьбовым кольцом, завальцовка и приклеивание. У каждого способа есть свои недостатки и свои достоинства. Для мельчайшей оптики подойдёт прикле-

ивание, для устройств, работающих в экстремальных условиях подойдёт завальцовка, а крепление резьбовым кольцом может подойти упрощения создания самой конструкции. Создание основной оправы и корпуса лучше всего делать из каких-либо полимеров, так как они обладают малым удельным весом.

После разработки конструкции следует определиться с вариантами юстировки оптической системы. Ещё на первых этапах конструирования нужно выбрать способ центрировки, чтобы избежать децентрировки рабочих поверхностей на этапе сборки.

Результаты

В ходе выполнения всех вышеперечисленных расчётов и определении необходимых величин была рассчитана и получена оптическая схема пяти-линзового микрообъектива, представленная на рисунках 1 и 2.

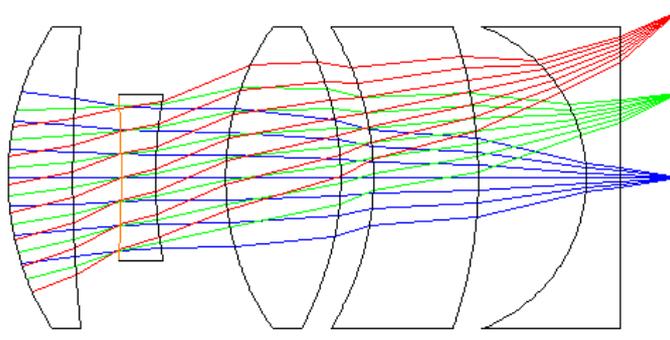


Рис. 1. Оптическая схема объектива микро-видеокамеры в 2D-проекции

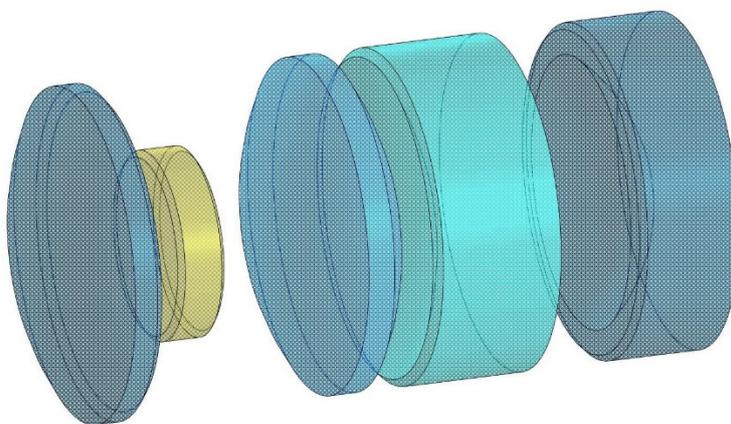


Рис. 2. Оптическая схема объектива микро-видеокамеры в 3D-проекции

В ходе разработки оптической системы было принято сделать вторую и третью линзу асферическими, которые описываются параболой. Все линзы, кроме второй были приведены к общему диаметру, так как вторая линза выполняет роль апертурной диафрагмы. Наибольший диаметр равен 5 мм. Сделано это было для упрощения конструкции. Все линзы изготовлены из оптического стекла каталога «Schott». Масса оптической системы составляет менее 0,5 грамм.

В качестве способа крепления была выбрана завальцовка, так она позволяет избежать необходимости проведения юстировочных работ, в следствии того, что перекос и децентрировка линз исключается одновременной обработкой наружного диаметра оправы и подрезкой её опорных торцов с использованием автоколлимационного метода. Сконструированный микрообъектив представлен на рисунках 3 и 4.

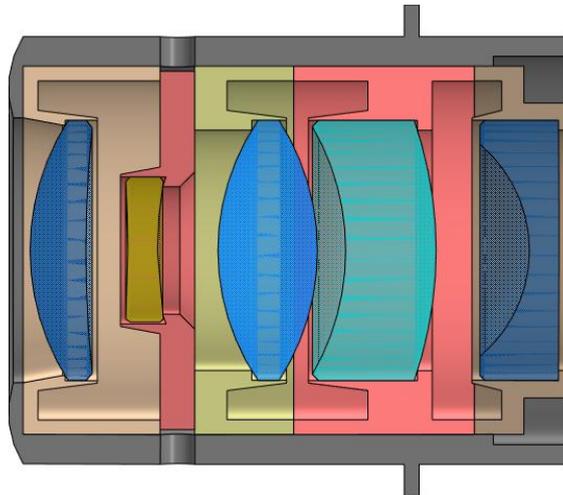


Рис. 3. Объектив микро-видеокамеры для БПЛА в разрезе

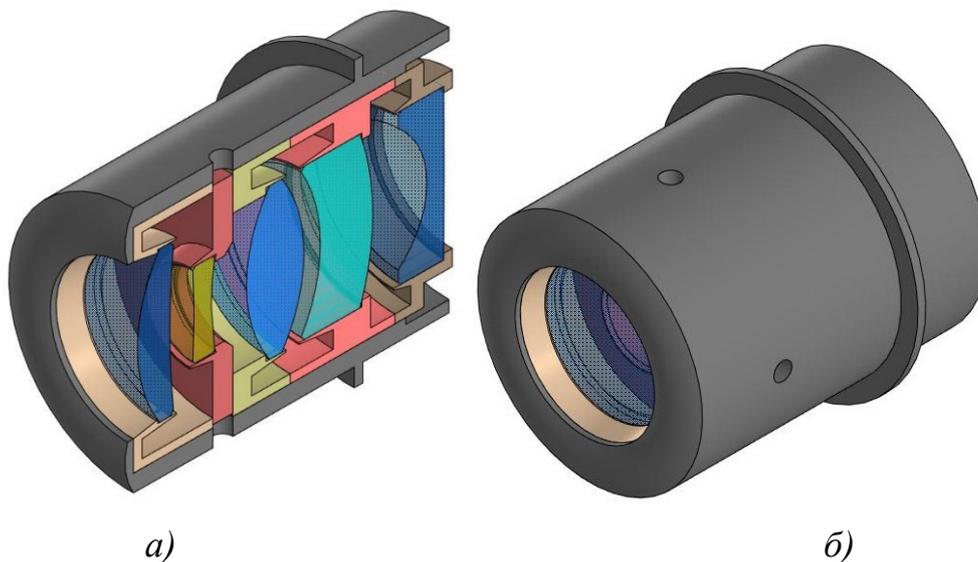


Рис. 4. Микро-объектив: а) общий вид в разрезе; б) общий вид

В сочетании с матрицей Sony IMX235LQJ-C, картинка будет иметь FullHD качество. Матрица выбрана из каталога НПК «Фотоника». Объектив совместим и с другими фотоматрицами чей размер пикселя не менее 2,8 мкм. Дальность обнаружения в 18 метров в совокупности с элементом разрешения равным

6 мм на этой дистанции, делает объектив крайне полезным для обнаружения какой-либо цели на большой высоте. В конструкцию для дополнительной юстировки был добавлен центрирующий поясok. Конструкция является насыпной, что упрощает процесс сборки. После установки последней оправы линзы в общую оправу, конструкция заливается клеем БФ-2 (можно использовать и другой). Микро-объектив имеет габариты 1x1 см и общий вес в 3,5 грамм.

Заключение

В ходе данной работы были кратко и поэтапно описаны основные принципы расчёта и конструирования малогабаритных объективов видеокамер, работающих на БПЛА. На основе этих принципов был рассчитан и создан микро-объектив для БПЛА. Всю оптическую и механическую часть которого, можно изготовить на территории РФ, так как его размеры были подобраны, учитывая различные способы изготовления и предприятия которые, занимаются этим.

Используя и комбинируя различные методы расчёта и самые разные способы конструирования можно выявить огромное разнообразие подобных конструкций, которые будут предназначены для самых разных вещей и будут задействованы во многих сферах деятельности.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

- 1 Автоматизация проектирования технологических процессов в машиностроении / Под ред. Н.М. Капустина. — М.: Машиностроение, 1985.
- 2 Аксененко, М. Д., Бараночников, М. Л., Смолин, О. В. Микроэлектронные фотоприёмные устройства - М.: Энергоатомиздат. 1984.
- 3 Павлов, А. В. Оптико-электронные приборы (Основы теории и расчёта) – Энергия 1974.
- 4 Афанасьев, В. А. Оптические измерения : учебник для вузов / В. А. Афанасьев; под ред. Д.Т. Пуряева. – 3-е изд., перераб. и доп. – Москва : Высшая школа, 1981. – 229 с.: ил. Текст : непосредственный.
- 5 ГОСТ 13095-82. Объективы. Методы измерения фокусного расстояния [Текст]. – Введ. 1984 – 01 – 01. – М.: Изд-во стандартов, 1988. – 12 с.
- 6 Еськова, Л.М. Оптические измерения. Учебное пособие. Л. ЛИТМО. 1984.
- 7 Креопалова, Г. В. Оптические измерения [Текст]: учебник для вузов / Г. В. Креопалова, Н. Л. Лазарева, Д. Т. Пуряев. – М.: Машиностроение, 1987. – 264 с.
- 8 Кузнецов, А. К. Метрология [Текст]: / учебник для вузов / А. К. Кузнецов, А. Н. Исаяев, И. И. Шайко. – М.: Наука, 2006. – 345с.
- 9 Математическая модель фокометра. : сайт. – URL: http://mikron.narod.ru/special/stati/stat_03/index.htm (дата обращения : 01.05.2022). Режим доступа : открытый. – Текст : электронный.
- 10 Пизюта, Б. А. Новые оптико-электронные приборы для оптических измерений [Текст] : учеб. пособие для вузов / Б. А. Пизюта, И. О. Михайлов. – Новосибирск: СГГА, 1996. – 77 с.
- 11 Погарев, Г.В. Юстировка оптических приборов/ Г.В. Погарев. – М.-Л.: Машиностроение, 1968.

© Д. В. Куликов, 2023